

## Method of mutually aligning bodies and position-measuring sensor therefor

Patent Number:  US6195615

Publication date: 2001-02-27

Inventor(s): LYSEN HEINRICH (DE)

Applicant(s): BUSCH DIETER & CO PRUEFTECH (US)

Requested Patent:  DE19546405

Application Number: US19980077887 19980612

Priority Number(s): DE19951046405 19951212; WO1996EP00623 19960214

IPC Classification: G01B9/00; G02B6/00

EC Classification: G01B11/27, G01C19/72

Equivalents:  EP0842393 (WO9721980), B1, JP2000501185T,   WO9721980

---

### Abstract

---

The invention concerns a method of mutually aligning bodies, in particular for the parallel alignment of shafts, rollers and the like, which can be carried out economically and simply in a substantially shorter time than the known methods used for this purpose. The essence of the invention is the use of an optical gyroscope, for example a fiber-optic gyroscope (5), in a position-measuring sensor (4) which is placed in turn in a specific position on the bodies (1, 2, 3) to be mutually aligned for a given time interval to measure the relative angular position. The position-measuring sensor (4) supplies angle data on the basis of which it can be established whether, and if necessary which, position corrections have to be made at the bodies in order to bring them into the desired state of alignment. The invention further concerns a position-measuring sensor which can be used in the method according to the invention

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 195 46 405 A 1

⑯ Int. Cl. 8:  
G 01 B 11/27  
G 01 C 19/72

DE 195 46 405 A 1

⑯ Aktenzeichen: 195 46 405.2  
⑯ Anmeldetag: 12. 12. 95  
⑯ Offenlegungstag: 19. 6. 97

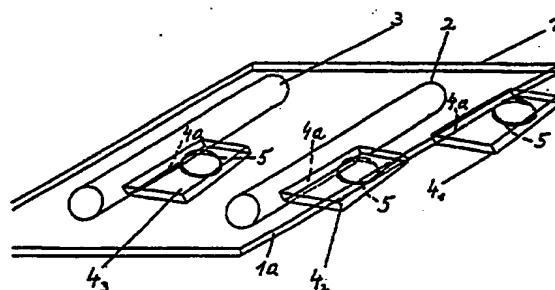
⑯ Anmelder:  
Prüftechnik Dieter Busch AG, 85737 Ismaning, DE

⑯ Vertreter:  
Hieke, K., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 85540 Haar

⑯ Erfinder:  
Lysen, Heinrich, 85748 Garching, DE

⑯ Verfahren zum gegenseitigen Ausrichten von Körpern und Lagemeßsonde hierfür

⑯ Es wird ein Verfahren zum gegenseitigen Ausrichten von Körpern, insbesondere zum Parallelrichten von Wellen, Walzen und dgl. angegeben, das in wesentlich kürzerer Zeit als die zu diesem Zweck bekannten Verfahren kosten- und aufwandsmäßig durchgeführt werden kann. Kern des Verfahrens ist die Verwendung eines optischen Kreisels, z. B. faseroptischen Kreisels 5, in einer Lagemeßsonde 4, die der Reihe nach zur Messung der relativen Winkellage den aufeinander auszurichtenden Körpern 1, 2, 3 in definierter Position und innerhalb einer bestimmten Zeitspanne angesetzt wird und Winkeldaten liefert, auf deren Grundlage feststellbar ist, ob und ggf. welche Lagekorrekturen an den Körpern vorgenommen werden müssen, um diese in einen gewünschten Ausrichtzustand zu bringen. Des Weiteren wird eine Lagemeßsonde vorgeschlagen, die bei dem erfindungsgemäßen Verfahren verwendbar ist.



DE 195 46 405 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 04. 97 702 025/93

6/23

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum gegenseitigen Ausrichten von Körpern, insbesondere zum Parallelrichten von Wellen, Walzen und dgl., und auf eine Lagemeßsonde zum Durchführen des Verfahrens.

Bisher wurden zur Winkelvermessung zum Zwecke der gegenseitigen Ausrichtung von Körpern, z. B. von Achsen, Walzen, Rollen, Spindeln, Drehöfen und dgl., deren Antrieben wie Ketten, Riemen, Getriebe, Kardan und dgl. sowie deren zugehörigen Tragelementen wie Stuhlung, Maschinenbetten, Fundamenten usw. mit Meßgenauigkeiten unter 1 mm/m optische Meßeinrichtungen wie Theodoliten, Autokollimatoren, Interferometer und Laser und als weitere Hilfsmittel Markierungen, Targets, Penta-, Dachkant-, Trippel-Prismen, Spiegel, Detektoren, Stativen und dgl. in sehr zeitaufwendiger Weise eingesetzt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, das die Winkelvermessung von gegenseitig auszurichtenden Körpern mit einem gegenüber den bekannten Einrichtungen und Hilfsmitteln hierfür wesentlich geringeren zeitlichen und z. T. auch konstruktiven Aufwand durchgeführt werden kann.

Die vorgenannte Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

Im Gegensatz zu den bekannten Verfahren, bei denen in der Regel mehrere Einrichtungen und Hilfsmittel an den zu vermessenden Körpern befestigt, aufeinander ausgerichtet und dann gemeinsam mit den Körpern in einem Meßzyklus bewegt werden müssen, braucht bei dem erfindungsgemäßen Verfahren nur eine einzige, einfach zu handhabende, mit einem optischen Kreisel ausgerüstete Lagemeßsonde in wenigen Meßpositionen an jeweils zwei in Bezug aufeinander auszurichtenden Körpern angesetzt und hinsichtlich Gyrowinkel und Inklination direkt oder elektronisch abgelesen zu werden, um feststellen zu können, ob überhaupt und ggf. welche Lagekorrekturen zur Erzielung der gewünschten Ausrichtung nötig sind. Die hierfür erforderliche Mannmeßzeit ist bei weitem kürzer als die unter Verwendung der bekannten Einrichtungen und Hilfsmittel erforderliche. Es ist eine Reduzierung der Mannmeßzeit um bis zum 95% zu erwarten.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, daß optische Kreisel sich durch einen sehr geringen Rauschpegel auszeichnen — so hat z. B. ein bekannter faseroptischer Kreisel (in der engl. Literatur abgekürzt als FOG bezeichnet) einen Rauschpegel von nur 0,1° pro Wurzelstunde bei einem Faserring von circa 80 mm Durchmesser — und daß auf der Basis eines solchen geringen Rauschpegels bei Einhaltung einer in der Größenordnung von mehreren Sekunden messenden Zeitspanne für das Ansetzen der Meßsonde an den beiden auszurichtenden Körpern zwecks Gewinnung eines Meßwerte-Paares bei weitem ausreichend genaue Meßwerte gewonnen werden können, weil in dieser kurzen, aber für die Praxis ausreichenden Kreiselumsetzzeit ein nach den gegebenen Möglichkeiten passend bemessener Kreisel nur um wenige µrad driftet, was für die meisten Meßprobleme ausreichend ist.

Die Meßgenauigkeit ist um so größer, je schneller und/oder öfter die Meßsonde mit ihrem optischen Kreisel umgesetzt werden kann.

Der Erfindung liegt des weiteren die Aufgabe zugrunde, eine Lagemeßsonde zum Ermitteln der räumlichen Lage zweier Körper in Bezug aufeinander zu schaffen,

die eine hohe Meßgenauigkeit für Winkelmessungen aufweist und besonders zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist.

Die vorgenannte weitere Aufgabe wird durch die im 5 Patentanspruch 2 angegebenen Merkmale gelöst.

Die Unteransprüche 3 bis 8 haben bevorzugte Ausgestaltungen der Lagemeßsonde nach Patentanspruch 2 zum Gegenstand.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der Zeichnung an einem Ausführungsbeispiel noch näher erläutert.

In der Zeichnung zeigt jeweils schematisch

Fig. 1 drei in Bezug aufeinander auszurichtende Körper sowie eine an diesen der Reihe nach anzusetzende 15 Lagemeßsonde in perspektivischer Darstellung, und

Fig. 2 eine bevorzugte Ausführung einer zum Vermessen der relativen Winkelposition der Körper in Fig. 1 geeigneten Lagemeßsonde ebenfalls in perspektivischer Darstellung.

20 Die Fig. 1 zeigt in perspektivischer Darstellung einen ersten, als Träger dienenden Körper 1, der der Einfachheit halber als Platte dargestellt ist, sowie zwei weitere gegenüber dem ersten Körper 1 und in Bezug aufeinander auszurichtende Körper 2 und 3 von zylindrischem 25 Außenumriß. Bei entsprechender Gestaltung im Detail könnte es sich bei dem Körper 1 um ein Maschinenbett und bei den Körpern 2 und 3 um Walzen handeln, die an dem Maschinenbett um ihre Längsachse drehbar gelagert und hinsichtlich ihrer Drehachsen parallel zueinander sowie in einer definierten Winkelstellung bezüglich einer Referenzfläche an dem Maschinenbett auszurichten sind.

Im Ausführungsbeispiel dient als Referenzfläche am Körper 1 die ebene seitliche Stirnfläche 1a, und die 35 Längsachsen der walzenförmigen Körper 2 und 3 seien parallel zueinander und zu der Referenzfläche 1a auszurichten.

Die für das Ausrichten in die vorgenannte gewünschte gegenseitige Winkelposition evtl. nötigen Lagekorrekturwerte werden, wie in Fig. 1 dargestellt, dadurch gewonnen, daß eine Lagemeßsonde 4 mit ihrer Kontaktfläche 4a nacheinander (4-1, 4-2, 4-3) an die Referenzfläche 1a am Körper 1, parallel zur Längsmittelachse an den zylindrischen Umfang des Körpers 2 und parallel zur Längsmittelachse an den zylindrischen Umfang des Körpers 3 angesetzt und dabei jeweils in einer solchen räumlichen Ausrichtung gehalten wird, daß sich die Ebene 5a des Faserrings eines in der Lagemeßsonde 4 befindlichen, bezüglich der Sondenkontaktfläche 4a definiert ausgerichteten faseroptischen Kreisels 5 parallel zu einer Referenzebene im Raum, z. B. parallel zur Horizontalebene, erstreckt. Nach jedem Ansetzen an einen der Körper 1, 2 und 3 wird der von dem faseroptischen Kreisel gemessene Gyrowinkel bezüglich einer 55 Referenzrichtung in der Faserringebene abgelesen oder als entsprechendes elektrisches Signal von der Lagemeßsonde an eine nicht dargestellte Datenverarbeitungseinrichtung ausgegeben.

Faseroptische Kreisel zeichnen sich durch einen nur 60 sehr kleinen Driftwinkel pro Zeiteinheit aus. Praktisch sind derzeit Driftwinkel von einigen wenigen µrad pro Wurzelsekunde erzielbar, so daß eine für die Praxis in den meisten Fällen gut ausreichende Genauigkeit der Gyrowinkelanzeige über den Meßvorgang hinweg zu erhalten ist, wenn darauf geachtet wird, die Lagemeßsonde in einer Zeitspanne in der Größenordnung von z. B. 10 bis 20 Sekunden zwischen den Körpern 1, 2 und 65 3 umzusetzen und abzulesen. Dabei kann z. B. auch so

vorgegangen werden, daß als erstes eine Referenzpositionsmessung an der Körperfläche 1a des Körpers 1, dann als nächstes eine Lagepositionsmessung am Umfang des Körpers 2, dann wieder eine Referenzpositionsmessung an der Körperfläche 1a und dann erneut eine Lagepositionsmessung am Umfang des Körpers 3 durchgeführt wird, wobei für jede Umsetzung die vorbestimmte Zeitspanne zur Verfügung steht.

Zur Ermittlung der gegenseitigen Ausrichtung der Körper 1, 2 und 3 im Raum kann es nötig sein, weitere Referenz- und Lagepositionsmessungen an den Körpern 1, 2 und 3 in einer räumlichen Winkelposition der Lagemeßsonde 4 parallel zu einer Referenzebene durchzuführen, die mit der Referenzebene, die für die ersten Messungen herangezogen wurde, einen definierten Winkel, z. B. 90°, einschließt.

Die Fig. 2 zeigt schematisch in perspektivischer Darstellung eine Lagemeßsonde 10, die für die Durchführung des erfindungsgemäßen Meßverfahrens besonders geeignet ist und als Lagemeßsonde 4 bei der Winkelvermessung der Körper 1, 2 und 3 in Fig. 1 eingesetzt werden könnte. Diese Meßsonde 10 ist mit einem optischen Kreisel 11, vorzugsweise einem faseroptischen Kreisel, ausgerüstet, der in einem Sondengehäuse 12 fest angeordnet ist. Das Sondengehäuse 12 weist vier in gegenüberliegenden Paaren zueinander parallele sowie in einander angrenzenden Paaren zueinander senkrechte äußere Kontaktflächen 12a–12d sowie eine weitere Kontaktfläche 12e, die zu allen vier vorgenannten Kontaktflächen senkrecht steht, auf. Die Angaben "parallel zueinander" und "senkrecht zueinander" gelten für die Kontaktflächen 12a–12e de facto auch dann, wenn es sich bei diesen nicht um durchgehend ebene Flächen handelt, sondern, wie in Fig. 2 dargestellt, um Flächen, die jeweils aus zwei miteinander einen flachen Winkel einschließenden ebenen Flächenabschnitten z. B. 12a' bestehen. Wegen des Einbaus des optischen Kreisels in fester definierter Position in die Lagemeßsonde 10 ist die Ebene 11a von dessen optischem Ring, hier des Fassrings, auch in definierter Weise bezüglich der äußeren Kontaktflächen 12a–12e am Gehäuse 12 der Lagemeßsonde 10 ausgerichtet.

Des weiteren weist die Lagemeßsonde 10 eine Computerschnittstelle 13 für Eichzwecke und Meßdatenverarbeitung, eine Anzeige 14 für Gyrowinkel und Inklinationen, eine Zerotaste und Anzeigearmierung 15 und ein genaues doppelwirkendes Inclinometer 16 zum Feststellen der Winkelposition der Lagemeßsonde 10 bezüglich der Vertikalen auf.

Die Computerschnittstelle 13 ermöglicht es, die jeweils im angelegten Zustand der Lagemeßsonde vorhandenen Daten des Gyrowinkels und der Inklination an einen nicht dargestellten Rechner weiterzuleiten, der aus diesen Daten die Werte der Korrekturen errechnet, die evtl. nötig sind, um die aufeinander auszurichtenden Körper 1, 2 und 3 in den gewünschten Ausrichtzustand zu bringen.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren und mit der erfindungsgemäßen Lagemeßsonde lassen sich Körperachsen, Körperflächen und dgl. auch in anderer Weise als parallel zueinander, z. B. in Bezug aufeinander senkrecht, auf einfache Weise sehr genau mit einem geringen zeitlichen Aufwand ausrichten.

Prinzipiell verwendbar sind auch optische Kreisel in Form von Laserkreiseln.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum gegenseitigen Ausrichten von Körpern, insbesondere zum Parallelrichten von Wellen, Walzen und dgl., dadurch gekennzeichnet, daß

- a) mittels einer mindestens einen optischen Kreisel (5) enthaltenden, an die auszurichtenden Körper (1, 2, 3) definiert ansetzbaren Lagemeßsonde (4) die Lage eines ersten (1) der auszurichtenden Körper in einer vorgegebenen ersten Meßebene als Referenzposition ermittelt wird,
- b) dann mittels der Lagemeßsonde (4) innerhalb einer vorgegebenen Zeitspanne nach der Referenzpositionsermittlung die Lage eines nächsten Körpers (2 oder 3) in einer mit der ersten Meßebene übereinstimmenden oder zu dieser parallelen Ebene ermittelt wird,
- c) dann im Bedarfsfalle weitere Lagemeßungen gemäß den Schritten a) und b) an den Körpern (1, 2, 3) bezüglich einer von der ersten Meßebene verschiedenen, mit dieser einen definierten Winkel, insbesondere 90°, einschließenden zweiten Meßebenen durchgeführt werden, und
- d) dann, sofern nötig, auf der Grundlage der mittels der Lagemeßsonde (4) in den Meßebenen festgestellten Lagedifferenzen der beiden Körper (1 und 2 bzw. 3) notwendige Lagekorrekturen an dem einen und/oder anderen der beiden Körper durchgeführt werden.

2. Lagemeßsonde (10) zum Ermitteln der räumlichen Lage zweier Körper in Bezug aufeinander, gekennzeichnet durch

- a) ein Gehäuse (12) mit mindestens einer definiert an eine Gegenfläche am jeweiligen Körper ansetzbaren äußeren Kontaktfläche (12a–12e), und
- b) mindestens einen optischen Kreisel (11) in dem Gehäuse (12), der mit der Ebene (11a) seines optischen Rings bezüglich der Kontaktfläche (12a–12e) definiert ausgerichtet ist.

3. Lagemeßsonde nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der optische Kreisel ein faseroptischer Kreisel ist.

4. Lagemeßsonde nach Anspruch 2 oder 3, gekennzeichnet durch Mittel (14) zum von außerhalb des Gehäuses (12) erkennbaren Anzeigen

- aa) der Ausrichtung der Ebene (11a) des optischen Rings bezüglich der Vertikalen und
- bb) der Winkelstellung des optischen Rings bezüglich einer Referenzrichtung in der Ringebene.

5. Lagemeßsonde nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (12) mehrere in Bezug aufeinander angeordnete Kontaktflächen (12a–12e) aufweist.

6. Lagemeßsonde nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Kontaktfläche (12a) zum definierten Ansetzen an einen auszurichtenden Körper von zylindrischem oder kegeligem Außenumriß aus zwei miteinander einen flachen Winkel einschließenden ebenen Flächenabschnitten (12a') besteht.

7. Lagemeßsonde nach einem der Ansprüche 2 bis 6, gekennzeichnet durch ein Lot (16) am oder im Gehäuse (12) zum Feststellen insbesondere der La-

ge der Ebene (11a) des optischen Ringes bezüglich  
der Vertikalen.

8. Lagemeßsonde nach einem der Ansprüche 2 bis  
7, gekennzeichnet durch eine Computerschnittstel-  
le (13) zur weiteren Datenverarbeitung.

5

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

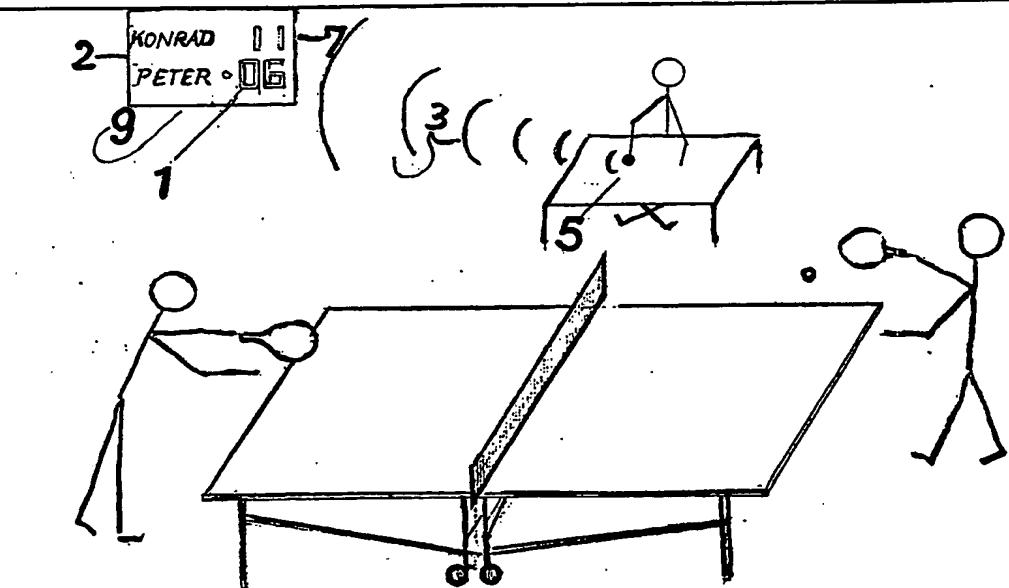
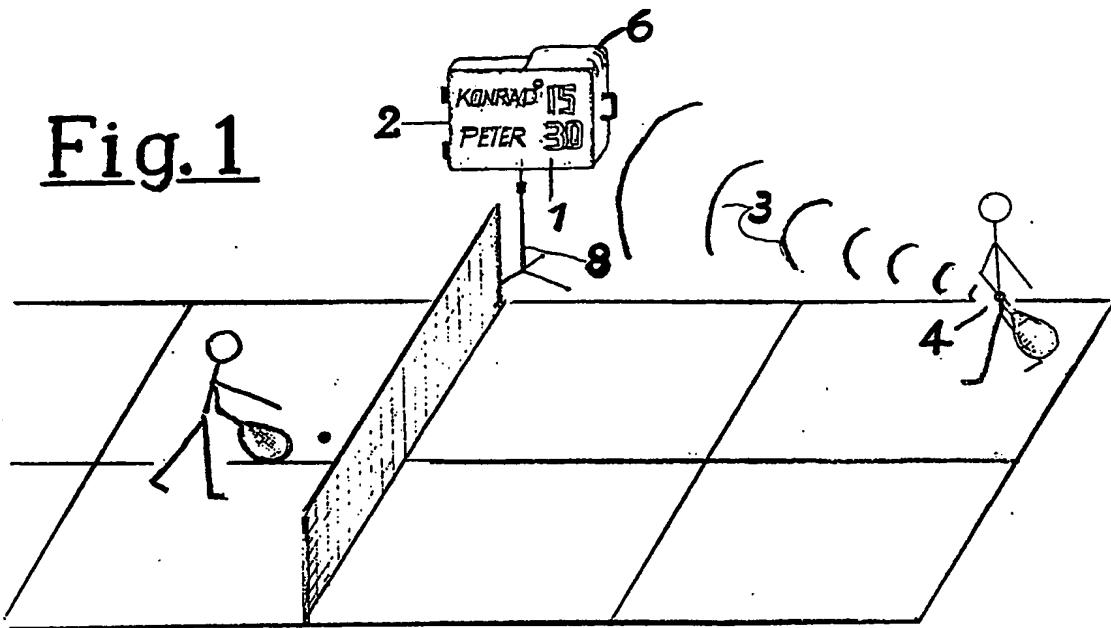
50

55

60

65

**- Leerseite -**

Fig.1Fig.2